

TUGAS AKHIR

PENGARUH *QUENCHING* DAN *TEMPERING* PADA TEMPERATUR 650°C TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KETANGGUHAN PADA BESI COR NODULAR



Disusun sebagai syarat menyelesaikan Studi Strata Satu pada
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh:

VEBRA WAHYU UTOMO

NIM : D200160085

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2021

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul: **"Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 650°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular"** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 6 Mei 2021

Yang Menyatakan,



Vebra Wahyu Utomo
D200160085

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini berjudul "**Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 650°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular**" telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Vebra Wahyu Utomo**
NIM : **D200160085**

Disetujui pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 6 Mei 2021

Dosen Pembimbing



Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul "**Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 650°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan Sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersembahkan oleh :


Nama : **Vebra Wahyu Utomo**


NIM : **D200160085**

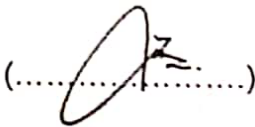
Diterima dan disetujui pada :

Hari/Tanggal : *Senin, 2 Juli 2021*

Tim Penguji :

Ketua : **Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.** 

Sekretaris : **Patna Partono, S.T., M.T.** 

Anggota : **Ir. Tri Tjahjono, M.T.** 

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Subroto, M.T. 



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 129/II/2020 Tanggal 10 September 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor

Kedudukan : Pembimbing

Memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Vebra Wahyu Utomo

Nomor Induk : D200160085

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Temperatur 650°C Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan pada Besi Cor Nodular

Rincian Soal/Tugas : Meneliti pengaruh *Quenching* dan *Tempering* pada Besi Cor Nodular terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan.

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 5 Oktober 2020

Pembimbing

Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.

Keterangan:

Dibuat rangkap 3 (tiga)

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

HALAMAN MOTTO

“Ilmu itu lebih baik dari kekayaan, karena kekayaan itu harus kamu jaga,
sedangkan ilmu yang akan menjagamu”
(Ali bin abi thalib)

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S Al-Insyirah: 6)

“Ambillah kebaikan dari apa yang dikatakan, Jangan melihat siapa yang
mengatakannya”
(Nabi muhammad SAW)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Persembahan tugas akhir ini dan rasa terima kasih saya ucapkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, rahmat, hidayah, rezeki, dan semua yang saya butuhkan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Pada ke dua orang tua atas doa, motivasi dan pengorbanan materil sehingga saya dapat menyusun tugas akhir ini.

**PENGARUH *QUENCHING* DAN *TEMPERING* PADA TEMPERATUR
650°C TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN
KETANGGUHAN PADA BESI COR NODULAR**

Vebra Wahyu Utomo, Agung Setyo Darmawan
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura
Email: vebrawahyu@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan *quenching* dan *tempering* terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan pada material besi cor nodular. Proses perlakuan *quenching* dengan temperatur 850°C selama 30 menit pendingin media air dan dilanjut *tempering* dengan temperatur 650°C ditahan selama 60 menit pendingin suhu kamar. Pada pengujian struktur mikro SEM pada material *quenching* muncul fasa martensit, setelah proses *tempering* fasa martensit berubah menjadi fasa martensit temper yang memiliki ketangguhan namun kekerasannya lebih rendah dari fasa martensit. Sehingga hasil pengujian kekerasan Rockwell perlakuan *quenching* mengalami peningkatan kekerasan 56,73 HRC setelah perlakuan *tempering* menurun 21,33 HRC dari kekerasan raw material 24,33 HRC. Hasil pengujian impak metode Charpy pada material *quenching* nilai ketangguhan menurun 0,068 (J/mm²) harga impak. Setelah *tempering* meningkat dengan energi impak 0,097 (J/mm²).

Kata kunci : besi cor nodular, *quenching*, *tempering*, SEM, kekerasan, ketangguhan

**THE EFFECT OF QUENCHING AND TEMPERING AT 650 ° C
TEMPERATURE ON MICRO STRUCTURE, HARDNESS AND
TOUGHNESS IN NODULAR CAST IRON**

Vebra Wahyu Utomo, Agung Setyo Darmawan
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura
Email: vebrawahyu@gmail.com

Abstract

This research was conducted to determine the effect of quenching and tempering treatment on microstructure, hardness and toughness of nodular cast iron material. The quenching treatment process with a temperature of 850°C for 30 minutes cooling water media and continued tempering with a temperature of 650°C held for 60 minutes cooling room temperature. In the SEM microstructure test on the quenching material, the martensite phase appears, after the tempering process the martensite phase changes to the tempered martensite phase which has toughness but lower hardness than the martensite phase. So that the results of the Rockwell hardness test with quenching treatment experienced an increase in hardness of 56.73 HRC after tempering treatment decreased by 21.33 HRC from the hardness of raw material 24.33 HRC. The results of the impact test of the Charpy method on the quenching material, the toughness value decreased by 0.068 (J/mm²) the impact price. After tempering it increases with an impact energy of 0.097 (J/mm²).

Keywords : nodular cast iron, quenching, tempering, SEM, hardness, toughness

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan anugerah yang tiada terkira. Atas izin-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Dialah yang Maha Berilmu dan Maha Pemberi Ilmu bagi siapa saja yang dikehendaki-Nya.

Atas terselesaikannya tugas akhir ini, tidak mungkin dicapai tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, semangat dan nasihat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Subroto, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. dan Bapak Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T.,M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin UMS.
3. Bapak Agung Setyo Darmawan, S.T.,M.T. selaku Pembimbing tugas akhir. Yang mana telah mengarahkan, membantu dan membimbing selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Supriyono, S.T.,M.T.,Ph.D. yang telah menjadi Pembimbing Akademik.
5. Jajaran dosen dan staff di Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh studi.
6. Teman – teman program studi Teknik Mesin angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.
7. Teman – teman organisasi Taekwondo UMS yang telah memberikan semangat dan motivasi.
8. Saudara – saudara komunitas CM3 (*Community Of Megapro Motorcycle Multiform*) yang telah memberikan wawasan diluar perkuliahan dan sebagai penghilang penat semasa kuliah.

Penulis berharap laporan ini bisa bermanfaat bagi yang membaca dan atas segala kekurangan yang ada pada laporan ini penulis memohon maaf yang sebesar – besarnya. Penulis berharap ada kritikan dan saran yang bersifat membangun. Terimakasih

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Surakarta, 6 Mei 2021



Vebra Wahyu Utomo

D200160085

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Besi Cor	9
2.2.2 Jenis - jenis Besi Cor.....	11
2.2.2.1 Besi Cor Kelabu (<i>Grey Cast Iron</i>)	11
2.2.2.2 Besi Cor Liat (Besi Cor Nodular).....	12
2.2.2.3 Besi Cor Putih dan Besi Cor Malleable	13

2.2.2.4 Besi Cor Grafit Terpadatkan (<i>Compacted Graphite Iron</i>)	14
2.2.3 Proses Pembentukan Besi Cor Nodular.....	16
2.2.4 <i>Tempering</i>	18
2.2.5 Uji Komposisi Kimia	20
2.2.6 Uji Struktur Mikro.....	21
2.2.6.1 Mikroskop Optik	21
2.2.6.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	25
2.2.7 Uji Kekerasan.....	26
2.2.7.1 Pengujian Kekerasan Rockwell	27
2.2.7.2 Pengujian Kekerasan Brinell.....	28
2.2.7.3 Pengujian Kekerasan Vickers dan Knoop.....	29
2.2.8 Uji Ketangguhan.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	34
3.2 Studi Pustaka dan Lapangan	35
3.3 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3.1 Bahan Penelitian	35
3.3.2 Persiapan Alat.....	36
3.4 Proses Perlakuan Panas	40
3.5 Proses Pembuatan Spesimen Uji dan Proses Pengujian ...	41
1. Proses Pembuatan Spesimen Uji Struktur Mikro	41
2. Proses Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>).42	
3. Proses Pengujian Kekerasan Rockwell	42
4. Proses Pengujian Impak.....	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Komposisi Kimia	45
4.2 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	46
4.3 Pengujian Kekerasan Rockwell	48
4.4 Pengujian Impak.....	50
4.4.1 Perpatahan Impak.....	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Besi-Besi Karbida	10
Gambar 2.2 Diagram Keseimbangan Fasa Besi-Karbon	11
Gambar 2.3 Foto Mikrografi Struktur Mikro Besi Cor Kelabu	12
Gambar 2.4 Foto Mikrografi Besi Cor Liat (Besi Cor Nodular)	12
Gambar 2.5 Foto Mikrografi Besi Cor Putih dan Besi Cor Malleable	13
Gambar 2.6 Struktur Mikro Besi Cor Grafit Terpadatkan (<i>Compacted Graphite Iron</i>)	15
Gambar 2.7 Proses Pembuatan BCN	16
Gambar 2.8 Fasa-Fasa Dalam Pertumbuhan Grafit Bulat	17
Gambar 2.9 Diagram <i>Tempering</i>	19
Gambar 2.10 Skema <i>Spectrometer</i> Emisi Optik	20
Gambar 2.11 Skema Alat Uji Mikroskop	22
Gambar 2.12 : (a) Butir yang sudah dipoles dan dietsa yang terlihat di mikroskop optik. (b) Potongan gambar butir memperlihatkan karakteristik etsa dari tekstur permukaan yang bervariasi karena perbedaan orientasi kristalografi. (c) Foto struktur mikro kuning. (d) Potongan batas butir dan permukaan celah akibat etsa, karakteristik pantulan sinar di sekitar celah juga diperlihatkan. (e) Foto struktur mikro besi kromium dengan batas butir yang terlihat gelap.	23
Gambar 2.13 Skema Dasar SEM.....	26
Gambar 2.14 Posisi Uji Impak Izod dan Charpy	31
Gambar 2.15 Spesimen Uji Impak	31
Gambar 2.16 Ilustrasi Pengujian Impak	32
Gambar 2.17 Luas Patah Penampang Spesimen Impak	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 3.2 Besi Cor Nodular.....	35
Gambar 3.3 Gerinda Potong.....	36
Gambar 3.4 : (a) Lembar Amplas. (b) Mesin Amplas.....	36

Gambar 3.5 Tungku Pemanas	37
Gambar 3.6 <i>Vernier Caliper</i>	37
Gambar 3.7 Media Air	38
Gambar 3.8 Alat Uji SEM	38
Gambar 3.9 Alat Uji Rockwell	39
Gambar 3.10 Alat Uji Impak	40
Gambar 3.11 Siklus Perlakuan Panas	41
Gambar 4.1 Struktur Mikro SEM <i>Raw Material</i> Pembesaran 2000x	46
Gambar 4.2 Struktur Mikro SEM Material <i>Quenching</i> 850°C Pembesaran 2000x	47
Gambar 4.3 Struktur Mikro SEM Material <i>Tempering</i> 650°C Pembesaran 2000x	48
Gambar 4.4 Histogram Hasil Uji Kekerasan Rockwell	49
Gambar 4.5 Histogram Energi Impak	51
Gambar 4.6 Histogram Harga Impak	52
Gambar 4.7 Hasil Patahan Uji Impak	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Teknik Pengujian Kekerasan Rockwell	28
Tabel 2.2 Pengujian Kekerasan Brinell	29
Tabel 2.3 Pengujian Kekerasan Vickers dan Knoop	29
Tabel 4.1 Hasil Komposisi Kimia Besi Cor Nodular	45
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell	49
Tabel 4.3 Hasil Energi Impak	50
Tabel 4.4 Hasil Harga Impak	52